

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H01S 5/40

H01S 3/00 G02B 27/09

G02B 27/14



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95195938.7

[45] 授权公告日 2003 年 9 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1120551C

[22] 申请日 1995.10.26 [21] 申请号 95195938.7

[30] 优先权

[32] 1994.10.27 [33] DE [31] P4438368.1

[86] 国际申请 PCT/EP95/04215 1995.10.26

[87] 国际公布 WO96/13884 德 1996.5.9

[85] 进入国家阶段日期 1997.4.28

[71] 专利权人 杜可明

地址 联邦德国亚琛

共同专利权人 彼得·罗森

[72] 发明人 杜可明 彼得·罗森

审查员 肖霞

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

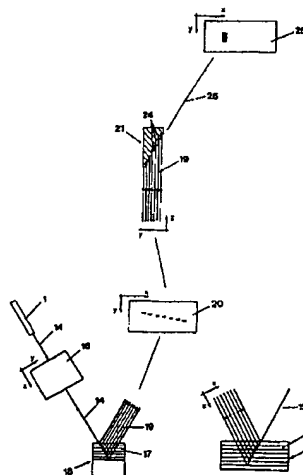
代理人 谢晋光

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 11 页

[54] 发明名称 线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置

[57] 摘要

本发明涉及一种由反射光学元件制成的用于线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，列阵中的各个半导体激光器输出的光束位于同一个平面里。为了用这种装置来使各半导体激光器发出的光束构成一个基本上对称的光束场，光束列阵至少要用一个具有多个反射面的反射元件来使各光束重新排列，各反射面位于相互错位的平面里，错位在次序上与列阵的半导体激光器的排列相对应。



ISSN 1008-4274

1. 一种线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，该装置采用反射型光学器件，该反射器件呈阶梯镜状，由多个反射面构成，各反射面位于相互错位的平面里，所说的错位与列阵（14）的半导体激光器（2）的次序相符，其特征在于光束列阵（14）的每一束光（15）至少与一个第一反射器件（18；35；43；44；47；49；50；57）的一个反射面（17；40；46）相对应；反射阶梯镜的梯高以及列阵光束与阶梯镜入射角的设置应使得由该反射阶梯镜所产生的各反射光束在其快方向上有错位；并且，该快方向上的错位比各光束在快方向上的宽度要大。

2. 根据权利要求1所述的线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，其特征在于各个不同的反射面（17）离与之对应的光束输出面（4）有不同的距离，并且距离的改变与列阵（1）的半导体激光器（2）次序相符。

3. 根据权利要求1或2所述的线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，其特征在于所有被照射的所说的各第一反射面（17）中心位于同一条直线上。

4. 根据权利要求1或2所述的线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，其特征在于所说的相邻的反射面（17）之间的错位和距离的改变相等。

5. 根据权利要求1所述的线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，其特征在于每一个第一反射面（17）至少与另一个第二反射面（24）相对应，所说的第二反射面（24）位于不同的平面里，所说的平面相互之间有错位，所说的平面到第一反射面（17）的距离各不相同，所说的第二反射面（24）的错位和不同的距离与第一反射面（17）次序相对应。

6. 根据权利要求5所述的线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，其特征在于每一个第二反射面（24）与第三至第 $n$ 个反射面对应，所说的第 $n$ 个反射面位于一些平面里，这些平面之间有错位，并且它们到与其相对应的第 $n-1$ 个反射面的距离各不相同，所说的错位和距离与第 $n-1$ 个反射面的次序相对应。

7. 根据权利要求6所述的线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，其特征在于所说的 $n=3$ 或4。

8. 根据权利要求1或2所述的线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，其特征在于所说的第一反射面（17）由一阶梯形第一反射镜（18）组成。

9. 根据权利要求8所述的线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，其特征在于所说的第一反射面（17）呈平面状。

10. 根据权利要求5或6或7或9所述的线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，其特征在于所说的第二反射面（24）由一阶梯形第二反射镜（21）组成。

## 线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置

### 技术领域

本发明涉及一个由反射光学元件制成的线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，列阵各半导体激光器输出的光束位于同一平面。

### 背景技术

近年来，大功率半导体激光器技术的迅速、进一步地发展，推动了半导体激光器在多方面的应用。其中，把半导体激光器用于固体激光器的泵浦就是一例。

半导体激光器的一个特别的禀性是其不对称的输出光束截面，该光束由发射区和出光面输出。这种光束的截面呈代表它的特性的椭圆状。这种椭圆形截面的长轴垂直于二极管结构的 pn 结(也被称为快方向)，而短轴平行于 pn 结的平面(也被称为慢方向)。除了这种不对称的光束截面外，输出光束在长轴方向，也就是在垂直于 pn 结以及激活层的方向上显示了高发散，其发散角达  $90^\circ$ ，而在短轴方向上这种发散角大约只有  $10^\circ$ 。

由于这种特殊的椭圆形光束截面和垂直于激活区(也称为 pn 结面)的大发散以及由于平行于激活区相对微小的发散，半导体激光器的使用主要依赖于半导体激光器光束的合适的导光和整形，特别当由许多半导体激光器组成半导体激光器场或半导体激光器列阵时。

通常，半导体激光器光束的导光和整形是通过安装在半导体激光器的输出光路中的输送元件，如凸镜和棱镜，来实现的。在某些使用中，例如在固体激光器的半导体激光器泵浦方面，每一个二极管的激光束必须通过一个凸镜聚焦到固体棒上。这里的问题是：必须找到一种具有特别大的数字孔径的凸镜，通过它来使上面描述过的在垂直于 pn 结方向具有  $90^\circ$  发散角的光束聚焦。这样的凸镜原则上只能用高折射率的玻璃制成。缺点是：由大入射角造成了在凸镜上的反射损耗，从而降低了效率，而半导体激光器相对于其它激光器的优势却在于它的高效率。

大功率半导体激光器通常具有截面为  $1 \times 100$  微米的激活介质。此外，由于费用的缘故，把多个激光器连同它们的光束输出面并排放在一起，或排成一维或二维列阵。在线型(即一维)列阵中各半导体激光束的椭圆截面的长轴相互平行。光束质量在快方向取衍射极限值，而在 pn 结面上大约是衍射极限值的 1000 倍。列阵发出的光

束无法通过柱面镜和球面镜以及这两种透镜的组合聚焦成圆形的光斑，因此，半导体激光列阵在光纤传输或所谓的固体激光器“端面泵浦”的应用中受到了限制。

### 发明内容

本发明的目的是针对上述问题提供一种装置，它可以用于半导体激光器发出的光束的导光和整形。根据本发明的一个方面，本线型半导体激光器列阵的光束的导光和整形装置，该装置采用反射型光学器件，该反射器件呈阶梯镜状，由多个反射面构成，各反射面位于相互错位的平面里，所说的错位与列阵的半导体激光器的次序相符，其特点在于光束列阵的每一束光至少与一个第一反射器件的一个反射面对应；反射阶梯镜的梯高以及列阵光束与阶梯镜入射角的设置应使得由该反射阶梯镜所产生的各反射光束在其快方向上有错位；并且，该快方向上的错位比各光束在快方向上的宽度要大。每一各半导体激光器发出的光束至少与一个第一反射面对应，各反射面位于不同的、相互错位的平面里，错位是与列阵中各半导体激光器的次序相对应的。用本装置的最简单的技术方案即可实现光束列阵的整形。通过恰当的选择反射面和入射光线之间的夹角，可以使各半导体激光器所发出的光束沿快方向密集迭加到一起。此外，各反射面与其对应的半导体激光器的出射面的距离各不相同，其距离的改变与列阵的半导体激光器的次序相对应。一种具有优势的装置是所有的第一反射面的中心位于同一条直线上，也就是说，各错位相等。

为了简单的实现整形装置，可以在每一个第一反射面后加一个第二反射面。第二反射面也位于不同的相互错位的平面里，错位是与其相应的第一反射面的次序相符的。另外，可根据需要在每个第二反射面之后加上其它反射面。

各反射面可简单的由阶梯形反射镜产生。该阶梯镜可以用玻璃磨制。反射面可以是平面，这种情形下的阶梯镜加工简易。这种阶梯镜也可用于多行线型列阵的光束的整形。

另一种整形装置的技术方案是：每一个半导体激光器发出的光束入射到一个带状波导里，波导的两个与快方向垂直的面为界面。波导在光束传播方向上有一个张角，波导的出射面与光束方向成一斜角，入射光束由于出射端面的反射而从波导的侧面输出。这里的张角为 $5\sim 15^\circ$ ，波导的长度为 $2\sim 10\text{ mm}$ 。使用这种波导可以使每一个半导体激光器发出的光束输送到与其相应的第一反射面上，同时使光束的发散角缩小。波导的张角沿半导体激光器的快轴方向。该波导还具有两个优点：它不必采用光学成像系统，并能与半导体激光器集成在同一个基底（如：硅）上。

每一波导的出射端面的位置和它与光束传播方向之间的夹角可以根据它所要达

到的光束截面来确定,在波导出射端面后可使用第二反射面来进一步改变光束截面。

本发明的第三种装置的技术方案是:所有的半导体激光器发出的光束入射到同一平面型波导里,波导在光束传播方向上有一个 $5\sim 15^\circ$ 张角,波导的长度为 $5\sim 20\text{ mm}$ 。波导出射面与光束方向成斜角,与一个截面为矩形的玻璃棒有光学接触。输入到玻璃棒里的全部半导体激光由于全反射而从离半导体激光器最远的一端输出。这里的输出窗口可以由与玻璃棒有光学接触的棱镜构成。

本发明的第四种装置的技术方案是:半导体激光器列阵发出的光束入射到一端面为四边形的波导里,这种波导的各对应端面相互平行,光束从某一个端面输入,在波导里由于全反射而使所有的光束从一个共同的窗口输出,该窗口也可由与玻璃棒有光学接触的棱镜构成。这里,相邻端面的夹角为 $90^\circ$ 的波导更有优势。

根据需要可以在半导体激光器的输出面和第一反射面之间加一光学成像系统,此成像系统可由带状波导构成。

本发明的第五种装置的技术方案是:每一个半导体激光器发出的光束分别入射到一个沿光束传播方向有一张角的带状波导里,相邻波导间的距离沿光束传播方向逐渐减小,最后汇成一个波导。

一种简易整形装置的技术方案是:第一反射面和第二反射面都由阶梯镜组成,在第一阶梯镜后面各光束的位置排列呈阶梯状,而在第二阶梯镜后各光束沿方向排成上下一列。

## 附图说明

本发明的其它细节和要点如附页中各示意图所示:

图1是第一种按本发明用一个阶梯镜做成的用于线型半导体激光器列阵的导光和整形装置的示意图。

图2是图1所示的阶梯镜整形装置的侧视图及光路图。

图3是图1和图2中的整形装置的另一侧视图。

图4是一种由多个半导体激光器组成的半导体激光器列阵。

图5是图4中的半导体激光器发出的光锥。

图6和图7是按本发明用两个阶梯镜做出的第二种整形装置。

图8是在图1~图3所示的整形装置基础上加上成像系统。

图9是图8中的整形装置沿 $1X-1X$ 方向的剖面图。

图10是图8中的整形装置沿 $X-X$ 方向的剖面图。

图11~图13是按本发明用多个波导做成的第三种整形装置沿不同方向的侧面图。

- 图 14 是利用图 11~图 13 中的整形装置得到的光束截面图。
- 图 15~图 21 是按本发明用两个波导做成的第四种整形装置。
- 图 22 是按本发明做成的第五种整形装置。
- 图 23 是图 22 中的整形装置沿 XX111—XX111 方向的剖面图。
- 图 24 是按本发明用一个矩形的波导做成的第六种整形装置。
- 图 25 是图 24 中的整形装置沿 XXV—XXV 方向的剖面图。
- 图 26 是由图 24 至图 25 所示的整形装置改制的整形装置。
- 图 27 是按本发明做成的第七种整形装置。
- 图 28 是图 27 所示的整形装置沿 XX111 箭头所示的方向的俯视图。
- 图 29 是由图 27 所示的整形装置改制的整形装置。
- 图 30 是图 29 所示的整形装置沿 XXX 箭头所示的方向的侧视图。
- 图 31 是图 29 所示的整形装置沿 XXX1 箭头所示的方向的侧视图。
- 图 32 是按本发明用一个螺旋形波导做成的整形装置。

### 具体实施方式

本发明涉及一种线型半导体激光器列阵 1 的光束的导光和整形装置, 该列阵由多个半导体激光器 2 组成, 例如: 图 4 所示的列阵由八个半导体激光器组成。所有的半导体激光器排列在同一条直线上, 它们的出射面 4 在同一平面 3 里。图 5 所示的是一个典型的半导体激光器结构。出射面 4 沿 pn 结方向有一定的宽度(100 微米), 而沿与 pn 结垂直的方向的高度很小(约 1 微米)。由于图 5 所示的出射面 4 在两个方向的尺寸大小的不同, 光束的截面成椭圆状, 椭圆的长轴(快方向)与 pn 结垂直, 短轴(慢方向)与 pn 结平行。快方向的发散角通常在  $90^\circ$  左右, 慢方向的发散角大约为  $10^\circ$ 。常用的列阵由 24 个半导体激光器构成, 其宽度为一个厘米。

在第一种整形装置中, 半导体激光器列阵 1 发出的各光束 14 (各不同的光锥 15) 通过图 1 中的光学系统 16 成像到一个阶梯镜 18 的相应的第一反射面 17 上, 各光束 15 被其相应的第一反射面 17 反射到一个平面 20 上。光束 15 在 XZ—平面的入射角和阶梯镜的梯高(即各反射面之间的错位)的选择标准是保证所有的半导体激光器 2 发出的光束在与 XZ—平面平行的平面里。在选择 XY—平面里的光束的入射角和阶梯镜 18 的取向时, 要保证被第一反射面反射的光束 19 不再被与第一反射面垂直的阶梯镜的侧面所反射。在第一反射面之后, 各光束沿 Y 方向排成一行。因而导致沿 Y 方向的光束质量下降, 而沿 x 方向的光束质量得到提高。这样, 可使光束在这两个方向上的光束质量相等, 整形后的光束可用透镜聚焦成近似圆形的光斑。图 3 所示的是

该整形装置的侧面图和它所输出的光束的截面图。

在图 1~图 3 所示的第一种整形装置中, 光束被一个阶梯镜的各个反射面 18 反射而重新排列。在第一个阶梯镜 18 后的光路中安上第二个阶梯镜 21, 就得到图 7 和图 8 所描述的第二种整形装置。

这里必须说明的是, 在涉及不同的整形装置的示意图中, 相同或类似的元件采用了相同的标号。

如图 6 所示, 半导体激光器列阵 1 发出的光束 14 由一个成像系统 16 成像到由第一个阶梯镜 18 构成的各反射面 17 上。反射的光束 19 在一个与摆在 YZ 一平面平行的平面 20 里排列成图中所示的梯形, 相邻光束间的距离相等。作为比较, 图 7 的右上图给出了在半导体激光器列阵 1 的光束出射面 22 后面的光束截面图, 而右下图给出了光束 14 在入射到阶梯镜 18 之前在平面 23 里的光束截面图。在平面 23 里, 各光束相互等距离地排列在一条直线上。在阶梯镜 18 后, 反射光束 19 传播到第二个阶梯镜上。在确定入射角和第一阶梯镜的梯高时, 要使由反射产生的错位比各光束在 Y 方向(快方向)上的宽度要大一点。对于第二阶梯镜, 在确定它的入射角和梯高时, 要使所有的光束在位于第二个阶梯镜 21 后面的平面(XY—平面)25 里沿 Y 方向排列成一行。

图 8 至图 10 所示的是图 1 中标出的一种光学成像系统 16, 它与常用的由柱面镜和球面镜构成的光学系统不同, 它由固定到基座 28 上的带状波导 27 构成。每一个波导 27 在由光束的快方向和传播方向构成的平面里有一个张角, 该张角, 也就是波导 27 和基座 28 的接触面 29 与波导上表面 30 之间的夹角, 大约为  $10^\circ$ 。半导体激光器的光束从窄的端面 31 传播到波导 27 里, 然后从另一端的大端面 32 输出。这个张角用来缩小快方向上的发散。每一个波导 27 的宽度 33 都至少等于每个半导体激光器的出射面 4 宽度(见图 10)。窄端面 31 的高度为几微米至几十微米, 大端面 32 的高度为 10 微米至约 100 微米。这种带状波导 27 可以镀到基座 28 上, 例如通过镀膜的方法。这种波导当然也可以由粘在基座上的楔形的小玻璃块组成。

图 11 至图 14 说明了第三种半导体激光器列阵 1 的光束的导光和整形装置。在这种装置中, 与每一个半导体激光器 2 相对应的带状波导 35 被镀到形状为阶梯结构 37 的基座 36 上。它们在由快方向和光束传播方向构成的平面里有一个张角。从图 12 和图 13 还能看出, 基座的各阶梯在光束的传播方向上不是相互平行的; 相应地, 各波导 35 位于相互倾斜的平面里。与每一个半导体激光器的出射面 4 的位置相对应, 各个波导的入射端 38 位于一条直线上, 而出射端 39 象阶梯结构 37 中相应的那样相互有错位。如图 11 所示, 所有的波导 27 的出射端 39 的端面 40 与光束传播方向成一不等于  $90^\circ$  的夹角, 光束在端面 40 上被全反射(如光束 19 所示), 从波导 27 的侧面输出。由

于基座 36 的阶梯结构和由此产生的输出端 39 的阶梯形排列,各光束从不同的高度输出。图 14 给出了输出光束的截面图。波导 27 的张角用来减小快方向上的光束散角。

图 15 至图 21 所示的是第四种整形装置。与图 11 至图 14 所示的第三种整形装置不同,该装置使用了两组波导,第一组波导 35 如图 15 至图 17 所示,第二组波导 41 如图 19 和图 20 所示,第一组波导 35 与图 11 至图 13 所示的波导原理上相同。通过比较图 16 和图 12 可以看出,该整形装置的基座台阶的高度较小。如图 17 所示,波导 35 同样有一张角。各半导体激光器发出的光束从一端入射,入射面位于同一高度。出射端面 40 与光束传播方向成一不等于  $90^\circ$  的夹角,使光束由于在出射端面 40 上的全反射而从波导的侧面输出。如图 15 的虚线所示,在第一组波导 35 下面安置了第二组波导 41,两组波导之间有光学接触,从而使从第一组波导输出的光束从窗口 42 入射到第二组波导里。在第二组波导里,所有的光束相互重叠产生图 21 所示的光束截面图样。如图 18 和图 20 所示,各波导由平整的小玻璃片粘制成,或由整块的具有相应形状的大玻璃板做成。如图 11 至图 20 所示,用于整形的波导可以和半导体激光器列阵安装在同一个基座上。

图 22 和图 23 所示的是第五种整形装置,在该装置中,每一个半导体激光器发出的光束入射到各自的波导 43 上,各波导在光束传播方向上有一张角。各波导之间的距离沿光束传播方向逐渐减小,以至于它们在输出端汇聚成一个平面波导 44。图 22 所示的是位于最下面的两个波导 43 里的光路。波导的侧面构成第一、第二和其它相互错位的反射面。本装置的优点是所有的波导结构在同一个平面里,因此可以使用平面基座 45。同时,波导和半导体可以使用同一个基座(例如:硅)。

图 24~图 26 所示的是第六种整形装置,在图 24 中,半导体激光器发出的光束从一块正方形的玻璃片 47 的一个第一侧面 46 入射,其入射角约为  $45^\circ$ 。如图 25 所示,该玻璃片很薄且厚度均匀。入射到玻璃片 47 上的光束被它的侧面 46 反射。如玻璃片 47 里的光路所示,各光束在玻璃片内侧面被多次循环反射,每经过一次循环反射,光束到出射窗口 48 距离就缩小一次,最后,所有的光束从出射窗口 48 输出。出射窗口 48 由一个粘在玻璃片 46 上的棱镜组成。离出射窗口 48 远的半导体激光器发出的光束比其相邻的半导体激光器发出的光束在玻璃片里多一次循环反射。

图 26 是图 24 中的玻璃片 47 的另一种几何形状,这里的玻璃片 49 是棱形的。

如图 29 和图 30 所示,图 25 和图 26 所示装置中的半导体激光器列阵发出的光束可以通过一波导 50 从入射面 46 入射到玻璃片里。为了使结构紧凑、简单和稳定,半导体激光器和所有的波导可以安装在同一个基座上。

图 27 和图 28 所示的是第七种整形装置。在该装置中使用了一个底面为三角形的



波导 50。一个玻璃棒 52 被粘到波导 50 的出射面 51 上。如图 29 至图 31 所示, 波导 50 可以分成代号 53 和代号 54 两部份。代号 53 在由快方向和光束方向构成一平面里有一个张角, 该张角和前面描述过的整形装置中的波导的张角一样, 也起减小发散角的作用。代号 54 的截面为三角形, 这段波导不具有这样的张角。图 27 所示的玻璃棒 52 的截面为矩形。如玻璃棒 52 里的光路所示, 各光束在玻璃棒内侧面被多次来回全反射, 每经过一次来回全反射, 光束到出射窗口 55 的距离就缩小一次, 最后, 所有的光束从出射窗口 55 输出。出射窗口 55 由一个粘在玻璃棒 52 上的三角棱镜构成。作为另一种选择, 波导 50 可以有两个斜面, 并且玻璃棒可以是两截, 如图中虚线 56 标出的那样, 这样可进入玻璃棒 51 的每一束光由这两个棒的外端输送到正中间, 然后通过一个粘在中间的出射棱镜输出。波导 50 也可由多个以上介绍的整形装置中所用的带状波导(没绘出) 做成。最后, 也可以把半导体激光器列阵的光束直接输送到玻璃棒上, 然而加用波导 50 更具优势。玻璃棒 52 也可用由四个镜面组成的空腔波导来代替。空腔波导的一个侧面具有线状孔径, 光束通过它入射到空腔里。在空腔波导里, 光束通过多次反射传播到出口处。

图 32 描述了第八种线型半导体激光器列阵 1 和光束导光和整形装置。该装置涉及到一个位于光路中的波导板 57。该波导板由以下步骤制成: 首先做一块玻璃楔, 它在由快方向和光束方向组成的平面里有一个张角, 在由慢方向和光束方向组成的平面里的宽度沿光束方向逐渐减小(如图所示), 然后, 将此玻璃楔绕光束方向至少扭转  $180^\circ$ , 从而得到波导板 57。图中使用格线是为了更清楚的描述波导板 57, 对光束而言, 波导板的侧面也可被看成一个个反射面。在这种板状的波导—扭转体 57 内, 光束被全反射, 并在快方向上光束的发散角被减小, 而在慢方向上光束的宽度受到压缩, 结果使入射的光束从光束出射窗口 60 输出。这种装置的特殊的优点是: 它使所有半导体激光器发出的光束汇聚成一束光。

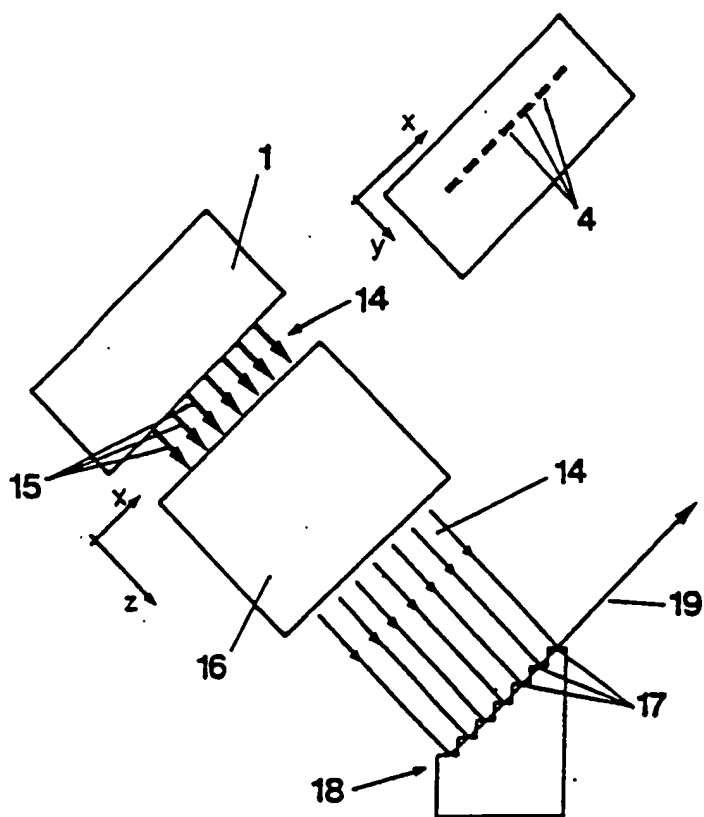


图1

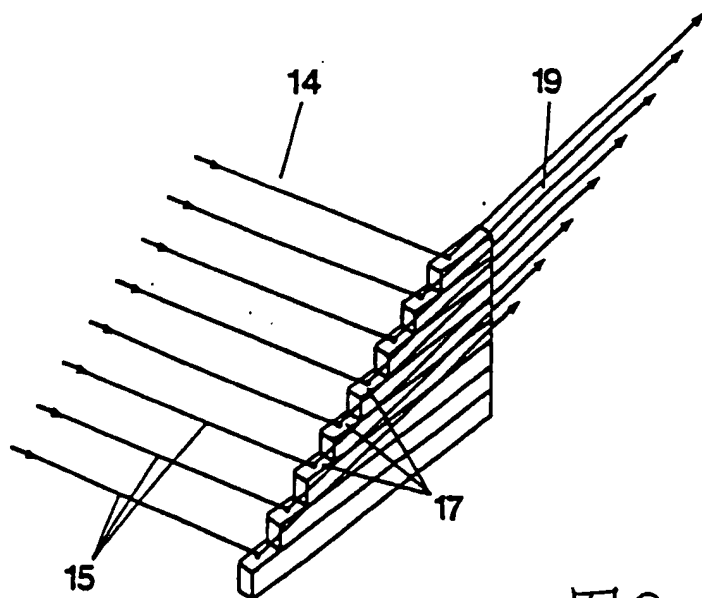


图2

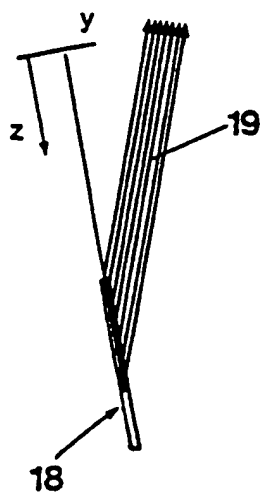
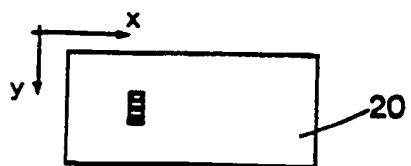


图 3

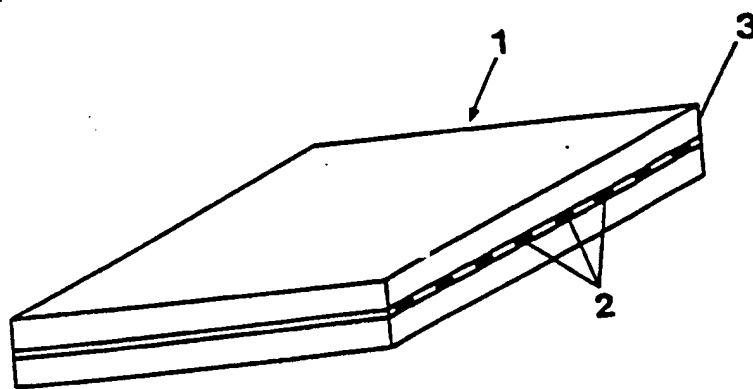


图 4

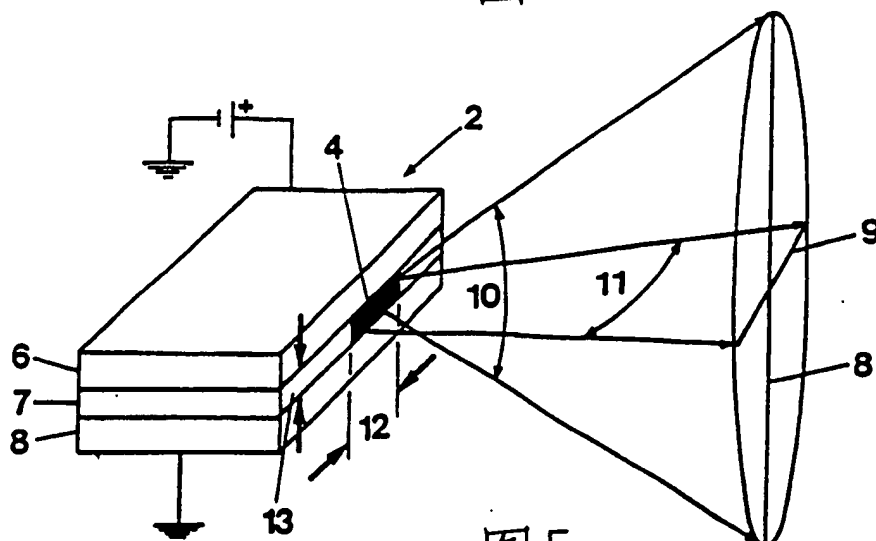


图 5

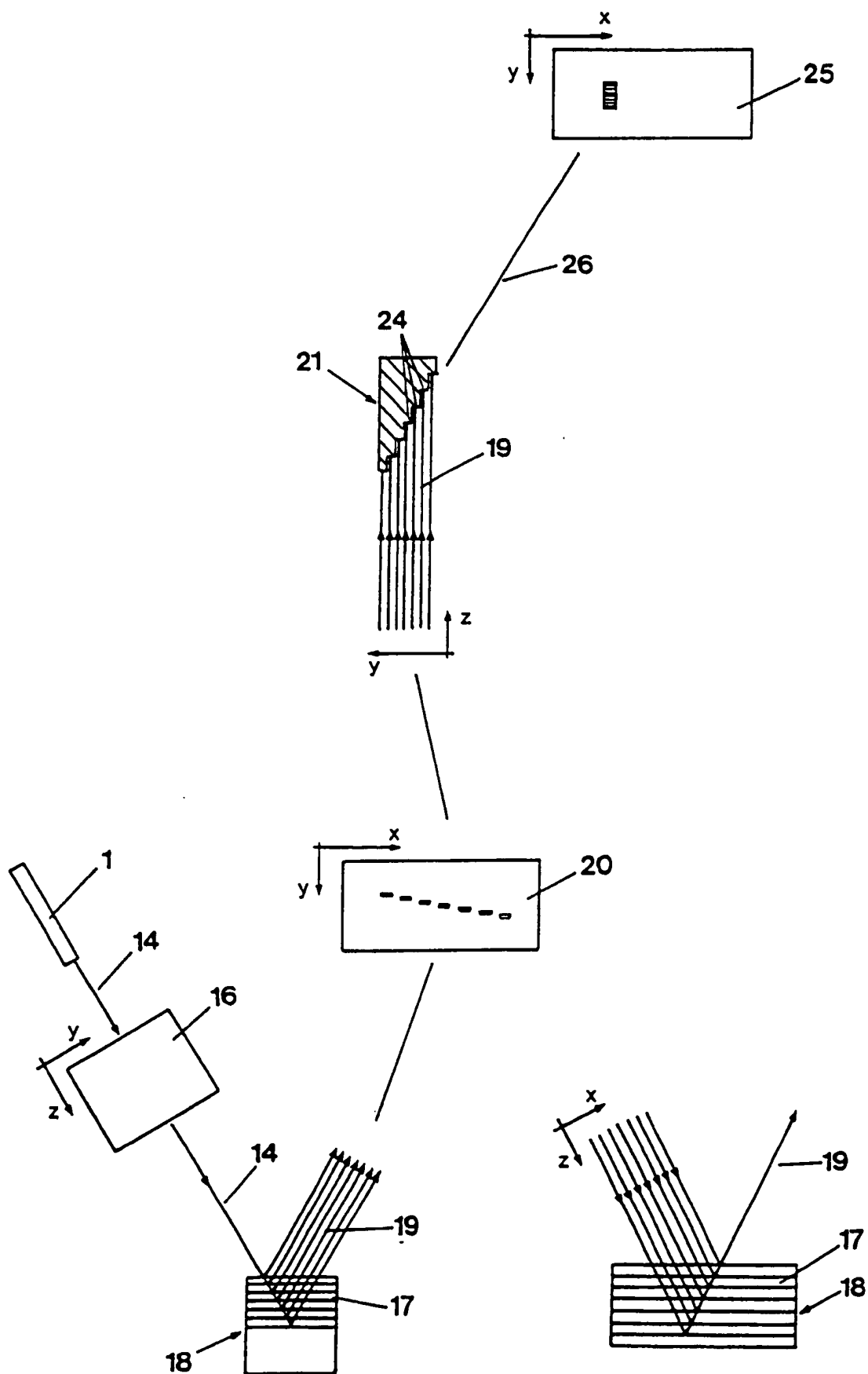


图 6

US 5,887,096